

日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年10月12日

出願番号

Application Number:

特願2000-311405

出願人

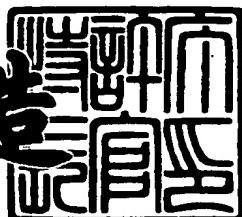
Applicant(s):

富士写真フィルム株式会社

2001年10月 1日

特許長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3089805

【書類名】 特許願

【整理番号】 P25681J

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01S 5/22

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

【氏名】 国安 利明

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フィルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板および活性層を含む半導体層上にクラッド層およびコンタクト層がこの順に形成されており、2つの共振器端面の一方から他方まで連続して前記半導体層が露出する深さの露出部が2本並んで形成されて、該2本の露出部の間にリッジ部が形成されており、該リッジ部上に電流注入窓が形成されている半導体レーザ素子において、

少なくとも前記リッジ部の共振器端面の一方において該端面近傍の前記コンタクト層が除去されており、該コンタクト層上の前記電流注入窓を除く領域および端面近傍の前記コンタクト層が除去されて露出した前記クラッド層上に、絶縁膜が形成されており、少なくとも前記電流注入窓において露出した前記コンタクト層上に電極が形成されていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記半導体層の積層方向の最上層がエッチング阻止層であり、該エッチング阻止層の上に前記クラッド層が設けられており、前記露出部に露出している層が該エッチング阻止層であること特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記クラッド層がAlGaAsからなり、前記コンタクト層がGaAsからなることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記エッチング阻止層がInGaPからなることを特徴とする請求項2または3記載の半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記エッチング阻止層の下層に、前記クラッド層と同一導電性でかつ屈折率がほぼ同一であり、かつ前記基板に格子整合する別のクラッド層が設けられていることを特徴とする請求項2、3または4記載の半導体レーザ素子。

【請求項6】 前記溝内部に露出しているコンタクト層の側面の位置が前記クラッド層の側面を前記コンタクト側に向けて延長した面より後退した位置であることを特徴とする請求項1から5いずれか1項記載の半導体レーザ素子。

【請求項7】 前記電流非注入領域が、端面を含み端面から素子内部に向けて5μm以上50μm以下の範囲に形成されていることを特徴とする請求項1から6いずれか1項記載の半導体レーザ素子。

【請求項8】 活性層を含む半導体層上にクラッド層およびコンタクト層をこの順に積層する工程と、

前記コンタクト層の上に、共振器端面の一方から他方まで連続した棒状の2本の開口を有するレジストを形成し、該レジストをマスクに用い、前記クラッド層とコンタクト層をエッチングして2本の溝を形成して該2本の溝の間にリッジ部を形成する工程と、

前記レジストに、少なくともリッジ部の一方の共振器端面近傍に開口を形成し、該レジストをマスクに用い、該端面近傍のコンタクト層を選択的にエッチングして除去する工程と、

前記レジストを剥離する工程とを含むことを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項9】 前記クラッド層がAlGaAsからなり、前記コンタクト層がGaAsからなり、前記コンタクト層をNH₃：H₂O₂混合水溶液によりエッチングすることを特徴とする請求項8記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項10】 励起光源と、該励起光源からの励起光により励起されてレーザ光を発する固体レーザ結晶とからなる固体レーザ装置において、前記励起光源が、請求項1から7いずれか1項記載の半導体レーザ素子からなることを特徴とする固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、リッジ構造と共振器端面近傍に電流非注入領域とを備えた半導体レーザ素子およびその製造方法、ならびにその半導体レーザ素子を備えた固体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザ素子においては、高出力発振下では端面での電流密度が増大するため、光密度が増加し端面破壊等が発生してしまい高い信頼性を得ることが困難となっている。このため、共振器端面近傍を電流非注入とするための構造が多く提案されている。

【0003】

例えば、IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol.12, No.1 Jan. 2000, p.13-15において、コンタクト上の端面近傍に電極を形成しないで電流非注入とした半導体レーザ素子が報告されている。しかし、この構造では、端面近傍においてコンタクト層を介して電流の広がりが生じるので、端面部での電流非注入は不完全である。

【0004】

また、特開平11-354880号においては、クラッド層上にエッチング阻止層およびコンタクト層が積層されており、端面近傍のコンタクト層がその下層のエッチング阻止層が露出するまで除去されて、その上に端面まで電極が形成されている半導体レーザ素子が提案されている。この構造でも、端面近傍において電極が下層のエッチング阻止層と接触しており、端面での電流非注入が不完全である。

【0005】

一方、リッジ構造を有する半導体レーザ素子で、上記のような電流非注入領域を形成する場合、リッジ溝を形成する工程と、端面電流非注入するためにコンタクト層を除去する工程とを行わなければならず、工程が煩雑である。また、リッジ溝を形成した後に、再度フォトリソエッチングを行う際、露出したエッチング溝にはレジスト材がスピニ塗布によって平坦部に比べて厚く形成され、さらにコンタクト層を選択的にエッチングする $\text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ 混合水溶液によって硬化されるため、レジスト剥離性が低下し溝部にレジスト残りが生じる。レジスト残りがあると、溝を汚染させ絶縁膜の密着性を低下させたり、後の電極シンター熱処理工程等で空洞等が生じてレーザ駆動時に放熱性を低下させるという問題がある。また、溝を形成した後、長時間放置されることによって溝側面に露出した層を酸化させて結晶欠陥が増加し、レーザ駆動が停止するという問題がある。特に溝側面に露出している層の組成が AlGaAs である場合は酸化されやすい。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

上記のような問題を解決するため、リッジ溝を形成する工程と、端面電流非注入とするためのコンタクト層を除去する工程との順序を替えて、最初にコンタクト層を除去してからリッジ溝を形成することが考えられるが、端面近傍のコンタクト層を除去した後、その下層のクラッド層が酸化されてしまい、リッジ溝エッチングのエッチング深さの再現性が良くないという問題がある。溝深さはレーザ光のプロファイルに関する等価屈折率段差 ΔN_{eff} を決定するため、再現性の得られないこのプロセスを適用することは困難である。

【0007】

本発明は上記事情に鑑みて、リッジ構造と端面電流非注入構造を備えた低出力から高出力まで信頼性が高い半導体レーザ素子およびその半導体レーザ素子を高歩留まりで平易な工程で得る製造方法、ならびにその半導体レーザ素子を備えた高出力発振下で信頼性の高い固体レーザ装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザ素子は、基板および活性層を含む半導体層上にクラッド層およびコンタクト層がこの順に形成されており、2つの共振器端面の一方から他方まで連続して前記半導体層が露出する深さの露出部が2本並んで形成されて、該2本の露出部の間にリッジ部が形成されており、該リッジ部上に電流注入窓が形成されている半導体レーザ素子において、少なくともリッジ部の共振器端面の一方において該端面近傍のコンタクト層が除去されており、該コンタクト層上の電流注入窓を除く領域および端面近傍のコンタクト層が除去されて露出したクラッド層上に、絶縁膜が形成されており、少なくとも電流注入窓において露出したコンタクト層上に電極が形成されていることを特徴とするものである。

【0009】

半導体層の積層方向の最上層がエッチング阻止層であり、該エッチング阻止層の上にクラッド層が設けられており、露出部に露出している層が該エッチング阻

止層であってもよい。

【0010】

クラッド層はAlGaAsからなり、コンタクト層はGaAsからなっていてもよい。

【0011】

エッチング阻止層はInGaPからなっていてもよい。

【0012】

エッチング阻止層の下層に、クラッド層と同一導電性でかつ屈折率がほぼ同一であり、かつ基板に格子整合する別のクラッド層が設けられていてもよい。また、この別のクラッド層が設けられておらず、エッチング阻止層の下層が光導波層の場合は、この光導波層はInGaPからなることが望ましい。

【0013】

溝内部に露出しているコンタクト層の側面の位置は、クラッド層の側面をコンタクト側に向けて延長した面より後退した位置であることを特徴とするものであってもよい。

【0014】

電流非注入領域は、端面を含み端面から素子内部に向けて5μm以上50μm以下の範囲に形成されていることが望ましい。

【0015】

本発明の半導体レーザ素子の製造方法は、活性層を含む半導体層上にクラッド層およびコンタクト層をこの順に積層する工程と、コンタクト層の上に、共振器端面の一方から他方まで連続した棒状の2つの開口を有するレジストを形成し、該レジストをマスクに用い、クラッド層とコンタクト層をエッチングして2つの溝を形成して該2つの溝の間にリッジ部を形成する工程と、該レジストに、少なくともリッジ部の一方の共振器端面近傍に開口を形成し、該レジストをマスクに用い、該端面近傍のコンタクト層を選択的にエッチングして除去する工程と、レジストを剥離する工程とを含むことを特徴とするものである。

【0016】

クラッド層はAlGaAsからなり、コンタクト層はGaAsからなるときは

、コンタクト層をNH₃：H₂O₂混合水溶液によりエッティングすることが望ましい。

【0017】

本発明の固体レーザ装置は、励起光源と、該励起光源からの励起光により励起されてレーザ光を発する固体レーザ結晶とからなる固体レーザ装置において、励起光源が、上記構成による本発明の半導体レーザ素子からなることを特徴とするものである。

【0018】

なお、コンタクト層除去される領域は、上記「少なくとも前記リッジ部の共振器端面の一方」であって、2つの共振器端面の両方であってもよく、リッジ部のみでなく素子の幅で除去されていてもよく、あるいは、素子の共振器端面と共振器端面と直交する端面との4端面近傍において、すなわち、素子周辺のコンタクト層が除去されていてもよい。

【0019】

【発明の効果】

本発明の半導体レーザ素子によれば、端面近傍において、コンタクト層が除去されて、その上に絶縁膜が形成されていることにより、光共振器端面近傍に電流が注入されないので、端面での電流密度を低減させることができ、端面での発熱を低減できる。よって、光密度増大による端面破壊等を抑制できるため、低出力から高出力まで信頼性の高いビームを得ることができる。

【0020】

半導体層の積層方向の最上層がエッティング阻止層であり、該エッティング阻止層の上にクラッド層が設けられていることにより、リッジ溝を形成するためのエッティングを精度良く停止させることができ、溝幅の制御性が高い。

【0021】

クラッド層がAlGaAsからなり、コンタクト層がGaAsからなるときは、エッチャントをNH₃：H₂O₂混合水溶液を選ぶことにより、選択的にコンタクト層のみがエッティングできる。

【0022】

エッティング阻止層がInGaPであることにより、その上層の組成をInGaPと選択性がある組成にすることにより、精度良くエッティングをエッティング阻止層の上で停止させることができる。特にクラッド層がAlGaAsからなり、コンタクト層がGaAsからなるとき、選択性が高い。

【0023】

溝内部に露出しているコンタクト層の側面の位置は、クラッド層の側面をコンタクト側に向けて延長した面より後退した位置であることにより、絶縁膜の溝側面での絶縁膜の被覆性が高い。

【0024】

電流非注入領域は、端面を含み端面から素子内部に向けて5μm以上50μm以下までの範囲に形成されていることが望ましく、5μmより小さいと、第二導電型GaNコンタクト層による電流の広がりによって実質上非電流注入領域を形成することができず、発熱による端面劣化を起こすため好ましくない。また、50μmより大きく除去すると、非電流注入領域の光吸収による光損失が大きくなり、光出力が低減する。

【0025】

本発明の半導体レーザ素子の製造方法によれば、リッジ溝を形成するために使用したレジストに、端面近傍のコンタクト層を除去するための開口を形成して2重露光を行うことによって、前述したようなレジストの溝内部での硬化あるいは溝側壁の酸化が防止できるため、平易な工程で、再現性良く、精度の高い非注入領域を作製することが可能であり、高出力まで信頼性の高い半導体レーザ素子を提供できる。

【0026】

クラッド層はAlGaAsからなり、コンタクト層はGaAsからなるときは、コンタクト層をNH₃：H₂O₂混合水溶液によりエッティングすることにより、コンタクト層のみが選択的にエッティング除去できる。

【0027】

本発明の固体レーザ装置によれば、励起光源と、該励起光源からの励起光により励起されてレーザ光を発する固体レーザ結晶とからなる固体レーザ装置において

て、励起光源に、本発明の半導体レーザ素子を備えているため高出力発振下での信頼性が高い。

【0028】

【実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0029】

本発明の一実施の形態による半導体レーザ素子についてその製造過程に沿って説明する。その半導体レーザ素子の製造過程の斜視図を図1に示す。

【0030】

図1(a)に示すように、有機金属気相成長法により、(1.0.0) n-GaAs基板上1にn-GaAsバッファ層2、n-Al_{0.65}Ga_{0.35}As下部クラッド層3、nあるいはi-In_{0.5}Ga_{0.5}P下部光導波層4、In_{0.12}Ga_{0.88}As_{0.75}P_{0.25}量子井戸活性層5、Pあるいはi-In_{0.5}Ga_{0.5}P上部光導波層6、p-Al_{0.65}Ga_{0.35}As第1上部クラッド層7、Pあるいはi-In_{0.5}Ga_{0.5}Pエッティング阻止層8、p-Al_{0.65}Ga_{0.35}As第2上部クラッド層9、p-GaAsコンタクト層10を成長する。第1上部クラッド層7の厚さは共振器の中央部の溝中の導波路で单一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚さとする。

【0031】

この後、レジスト20(図示せず)を塗布して100°Cホットプレートに1分保持し、ベーリングを行う。オリフラに平行でレーザのへき開面に垂直方向になるように、10μm幅の溝21が50μmの間隔で開口したマスクを介して、100mJの露光量で、レジスト20が塗布されたウェハに照射し、現像液で照射領域のレジスト20を溶解させてレジスト20に開口を形成する。

【0032】

図1(b)に示すように、酒石酸エッチャントでp-GaAsコンタクト層10、p-AlGaAs第2上部クラッド層9をエッティング除去する。エッティングは酒石酸に不溶なInGaPエッティング阻止層8で自動的に停止する。

【0033】

次に、図2に示すように、非注入領域31が露光されるようなフォトマスクを、非注入領域31が素子の端面ヘキサイ線と素子分離ヘキサイ線上に均等に配置されるようにアライメントし、100mJの露光量で照射し、次に、現像液で照射領域のレジスト20を溶解させてレジスト20に非注入領域31を開口する。室温のNH₃ : H₂O₂ = 1 : 50混合水溶液にウェハを10秒浸し、非注入領域31のp-GaAsコンタクト層10を選択的にエッティングする。p-GaAsコンタクト層10をエッティングする際、同時にリッジ溝のp-GaAsコンタクト層10の側面が後退する。レジスト20を有機アルカリ液で溶解する。

【0034】

次に図1(c)に示すように、P-CVD装置で150nmのSiO₂絶縁膜12を形成する。p-GaAsコンタクト層10の溝内部の側壁が後退したことにより絶縁膜12の被覆性が良好となる。次に、SiO₂絶縁膜12上にレジストを塗布し、幅50μmのリッジ部の領域で、非注入領域から3μm(図中a)、リッジ端部から3μm(図中b)離れた領域に開口を有するようなフォトマスクをウェハに重ね合わせ、紫外線を100mJの露光量で照射する。現像液で照射領域のレジストを溶解させ開口させる。BHF溶液で開口部分のSiO₂膜12を溶解した後、レジストを有機アルカリ液で溶解させる。リフトオフ法によってp側電極13を非注入領域と素子分離へきかい端面付近を除いた領域に形成する。

【0035】

p-GaAsコンタクト層10をエッティングした際に同時にリッジ溝のp-GaAsコンタクト層10の側面が後退し、SiO₂膜12上に積層されるp電極13の被覆性も良くなる。

【0036】

その後、基板の研磨を行いn側電極14を形成する。その後、試料を両端面設定位置でへき開して形成したレーザアレイバーの共振器面に高反射率コートおよび低反射率コートをそれぞれ施す。レーザアレイバーを各レーザ素子毎にへき開し、ヒートシンク70にp面が接するようにInろう材で接着する。

【0037】

本実施の形態による半導体レーザ素子は、素子の周辺のコンタクト層が除去さ

れており、へき開を行う際に絶縁膜12が剥がれてしまった場合、p側をヒートシンクにジャンクションダウンで接着したときに、ろう材によりヒートシンクと絶縁膜が剥がれた領域で導通してもコンタクト層が除去されているのでオーミックなコンタクトが行われず電流が流れない。絶縁膜と一緒にp電極がめぐれて素子側面に被さり、このp電極と素子のn型導電性の層とが接触しても上記同様にショートしにくいという利点がある。

【0038】

上記実施の形態では、GaAs基板はn型を用いた場合について記述しているが、p型導電性の基板を用いてもよく、この場合、上記各層の導電性を反対にすればよい。

【0039】

各層の成長法として、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法であってもよい。

【0040】

リッジ部の幅（発光幅）は $50\text{ }\mu\text{m}$ に限定されるものではなくどのような幅にも対応可能である。

【0041】

リッジ溝幅においても、 $10\text{ }\mu\text{m}$ に限定されず、最大ではリッジ部分の両脇が端面まで全て溝となっていてもよい。

【0042】

非注入領域長は、へき開面から $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲であればよい。

【0043】

また非注入領域長は、上記実施の形態に示されるような素子外周に形成されていなくてもよく、電流発光領域（リッジ部）のみ、また、さらに両端面ではなく一方の端面であってもよい。

【0044】

絶縁膜はP-CVD法以外の成膜法で形成してもよい。材料もSiO₂に限定されず、絶縁性と加工性を有していればよい。

【0045】

上記実施の形態では非注入領域にp電極が形成されていないが、非注入領域には絶縁膜が形成されているため、電流が注入されることがないので、その上にp電極が形成されていてもよい。

【0046】

次に上記実施の形態の半導体レーザ素子を固体レーザ装置の励起光源として備えた例について説明する。その固体レーザ装置の概略構成図を図3に示す。

【0047】

本実施の形態による固体レーザ装置は、第二高調波発生による固体レーザ装置であり、上記実施の形態の高出力半導体レーザ素子71を励起光源に備え、該半導体レーザ素子71から出射された励起光を集光するレンズ72と、集光された励起光によりレーザ発振する固体レーザ結晶73と、該固体レーザ結晶73と共に固体レーザ共振器を形成する凹面鏡からなる出力ミラー74とからなり、固体レーザ結晶73の半導体レーザ素子側に固体レーザの発振光に対して高反射となり、半導体レーザ素子の発振光に対して無反射となるコート膜76が形成されている。固体レーザの共振器はこの凹面鏡からなる出力ミラー74とコート膜76とによって形成され、共振器内に、固体レーザ結晶73から発振されたレーザの波長を1/2の波長に変換して第二高調波を発生させるKNbO₃非線形結晶75を備えるものである。なお、固体レーザ結晶73にNb:YVO₄等、非線形結晶75にKTP等を用いてよい。また、半導体レーザ素子71、固体レーザ結晶73、非線形結晶75はペルチエ素子（図示せず）により温度調節されている。

【0048】

出射光はビームスプリッター77により一部が受光素子78に分岐され、この光強度が一定となるように半導体レーザ素子71の光出力フィードバックしてAPC（automatic power control）を行うものである。上記実施の形態以外にアレイ型半導体レーザ素子や集積回路等の実装にも対応できる。

【0049】

本発明の半導体レーザ素子および装置は、低出力から高出力まで信頼性が高いレーザ光を出射できるので、高速な情報・画像処理及び通信、計測、医療、印刷の分野での光源として応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ素子の製造過程を示す斜視図

【図2】

非注入領域を開口する際のマスクのアライメントの様子を示す図

【図3】

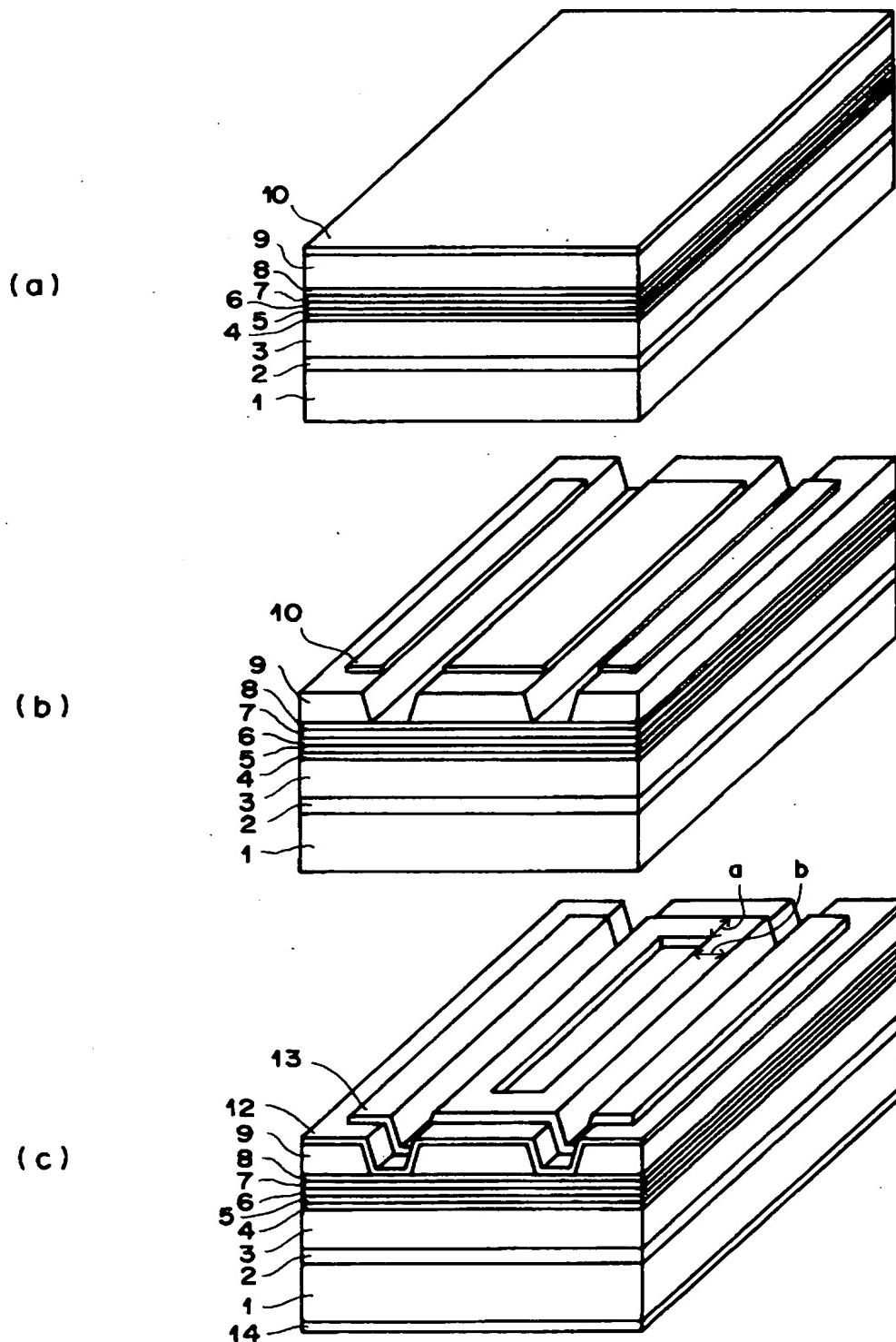
本発明の固体レーザ装置の一実施の形態を示す概略構成図

【符号の説明】

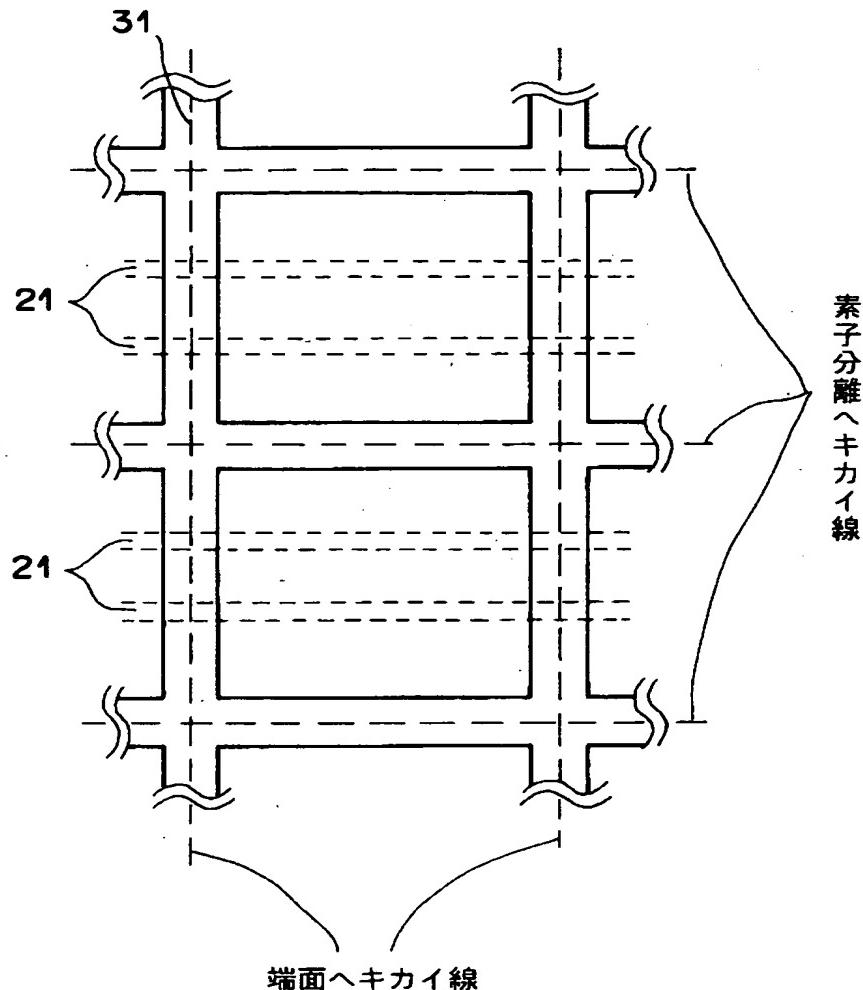
- 1 (1.0.0) n-GaAs 基板上
- 2 n-GaAs バッファ層
- 3 n-Al_{0.65}Ga_{0.35}As 下部クラッド層
- 4 nあるいはi-In_{0.5}Ga_{0.5}P 下部光導波層
- 5 In_{0.12}Ga_{0.88}As_{0.75}P_{0.25}量子井戸活性層
- 6 pあるいはi-In_{0.5}Ga_{0.5}P 上部光導波層
- 7 p-Al_{0.65}Ga_{0.35}As 第1上部クラッド層
- 8 pあるいはi-In_{0.5}Ga_{0.5}P エッチング阻止層
- 9 p-Al_{0.65}Ga_{0.35}As 第2上部クラッド層
- 10 p-GaAs コンタクト層
- 12 SiO₂膜
- 13 p電極
- 14 n電極

【書類名】 図面

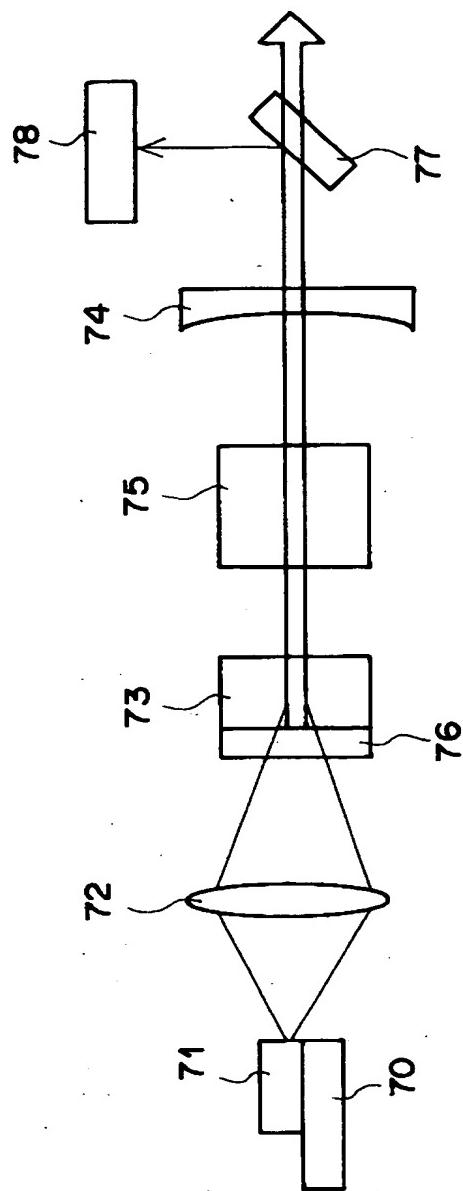
【図1】



【図2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 リッジ構造と端面電流非注入領域を有する半導体レーザ素子において、高出力発振下での信頼性を向上する。

【解決手段】 n-GaAs基板上1にn-GaAsバッファ層2、n-AlGaAs下部クラッド層3、nあるいはi-InGaP下部光導波層、InGaAsP量子井戸活性層5、pあるいはi-InGaP上部光導波層6、p-AlGaAs第1上部クラッド層7、pあるいはi-InGaPエッチング阻止層8、p-AlGaAs第2上部クラッド層9、p-GaAsコンタクト層10を成長する。レジスト20を塗布し、2本のリッジ溝部分を開口してエッチングにより溝を形成した後、続いて素子周辺のレジスト20を除去してコンタクト層を選択的に除去し、レジスト20を剥離する。SiO₂膜12を全面に形成しリッジ部に開口を形成した後、p電極を素子周辺を除いた領域に形成する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-311405
受付番号	50001318013
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成12年10月13日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年10月12日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼210番地
【氏名又は名称】	富士写真フィルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B E N E X S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B E N E X S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	佐久間 剛

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地

氏 名 富士写真フィルム株式会社